

武夷山黄山松群落能量的研究*

林 鹏¹, 林益明¹, 李振基¹, 杨志伟¹, 刘初钲², 何建源²

(1. 厦门大学生物学系, 厦门 361005; 2. 武夷山自然保护区管理局, 武夷山 354315)

摘要: 在生物量、生产力研究的基础上, 通过干重热值测定, 对黄山松 (*Pinus taiwanensis*) 群落的能量现存量、能量净固定量及太阳能转化效率进行分析讨论。测定结果表明: (1) 黄山松群落各组分样品的干重热值具有一定的差异, 树皮的干重热值最高, 为 22.14kJ/g, 枯根的干重热值最低, 为 16.27kJ/g。(2) 黄山松群落的能量现存量为 379832.3kJ/m², 其中地上部分为 275488.0kJ/m² (占 72.5%), 地下部分为 104344.3kJ/m² (占 27.5%); 1993 年黄山松群落的能量净固定量为 20654.1kJ/m²·a, 其中用于群落自身增长的能量为 13894.4kJ/m²·a, 而释放至其它子系统的能量为 6759.7kJ/m²·a。(3) 林地太阳光合有效辐射能的转化效率为 0.997%。

关键词: 黄山松群落; 干重热值; 能量现存量; 武夷山

Study on energy of *Pinus taiwanensis* community in Wuyi Mountains

LIN Peng¹, LIN Yi-Ming¹, LI Zhen-Ji¹, YANG Zhi-Wei¹, LIU Chu-Dian², HE Jian-Yuan²

(1. Department of Biology, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. The Administrative Bureau of Wuyishan National Nature Reserve, Wuyishan 354315, China)

Abstract: On the basis of the biomass and productivity research, and by means of calorimetry measurement, the standing crop of energy, net energy production and energy conversing efficiency of *Pinus taiwanensis* community were determined. The results were as follows: (1) There were some differences in the gross caloric value among the fractions of *Pinus taiwanensis* community. The gross caloric value of bark of trunk was the highest (22.14kJ/g), that of dead root was the lowest (16.27kJ/g). (2) The energy in standing crop of *Pinus taiwanensis* community was 379832.3kJ/m². The energy value of the aboveground was 275488.0kJ/m² (accounting for 72.5%) and that of belowground was 104344.3kJ/m² (accounting for 27.5%). Net energy production was 20654.1kJ/m²·a for *Pinus taiwanensis* community in 1993, in which the energy for growth accumulation was 13894.4kJ/m²·a, the energy of releasing to other branch ecosystem was 6759.7kJ/m²·a. (3) To the photosynthetic active radiation on the stand, the energy conversing efficiency of *Pinus taiwanensis* community was 0.997%.

Key words: *Pinus taiwanensis* community; gross caloric value; standing crop; Wuyi Mountain

文章编号: 1000-0933(1999)04-0504-05 中图分类号: Q148 文献标识码: A

黄山松 (*Pinus taiwanensis* Hayata) 为我国特有树种, 并为东部亚热带中山地区的代表群系的建群种, 是一种阳性常绿针叶树种, 具有耐寒、抗风、耐瘠薄土壤的特性, 是中山地区优良的造林树种。本文在生物量 and 生产力研究基础上, 对武夷山黄山松群落的干重热值和能量状况进行了研究。

1 自然条件和样地概况

黄山松群落的实验地设在距武夷山自然保护区管理局 11km 处的桐木关西侧, 纬度 27°47'N, 经度 117°42'E, 海拔 1300m 左右。武夷山自然保护区的气候属典型的亚热带季风气候。年平均气温各地段不同,

基金项目: 福建省自然科学基金和武夷山自然保护区管理局资助项目

收稿日期: 1997-03-02; 修订日期: 1998-01-08

为 8.5~18, 极端低温 -15, 年降水量一般为 1486~2150mm。又因山高林密, 年蒸发量仅 1000mm 左右, 相对湿度 78%~84%, 年平均降水 2000mm, 无霜期 253~272d^[1]。黄山松林地土壤为山地黄壤, 土层厚度 90cm。表土层多细根, 上覆盖枯枝落叶 2~4cm。群落结构简单, 分层明显, 一般具有乔、灌、草 3 层, 通常地被物与草本种类及数量都不多。林内乔木层林冠一般高 9m, 最高植株 12m, 林内乔木层主要是黄山松, 并有少量的木荷 (*Schima superba*)、甜槠 (*Castanopsis eyrei*); 林内灌木层有肿节少穗竹 (*Oligostachyum oedegonatum*)、马银花 (*Rhododendron ovatum*)、江南山柳 (*Clethra cavaleriei*)、细齿柃木 (*Eurya loquaina*) 等; 草本层有扁穗莎草 (*Cyperus compressus*)、双蝴蝶 (*Trip terosperum affine*); 林缘有蕨 (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*) 等。林冠郁闭度达 80%, 平均密度 19.3 株/100m², 平均胸径 11.67cm, 叶面积指数 2.9。

2 材料和方法

在武夷山桐木关顶西侧黄山松群落内选 2 个 10m × 10m 样方, 分别记录样方中乔木种群的数量, 并测量每木的高度、胸径。然后选取具有代表性的标准木进行砍伐, 分别测定树干(树皮、树材)、幼枝、多年生枝、枯枝、叶、果、粗根(> 2cm)、中根(0.2~2cm)、细根(< 0.2cm)和枯根的生物量, 并分别取 100~500g 样品, 60℃ 烘干, 经粉碎机磨成粉末, 过 60 号筛贮于试剂瓶中待测。另取少量样品 105℃ 烘干, 求得干重生物量^[2]; 灌木层、草本层的生物量是按小样方法直接收获测定^[2](灌木层是 2 个 2m × 2m, 草本层是 2 个 0.5m × 0.5m 的样方), 并在灌木层和草本层各取 100~500g 样品, 60℃ 烘干, 磨粉后, 贮存备用, 并同上求得干重生物量; 黄山松群落各组分样品的干重热值, 均采用 GR-3500 型微电脑氧弹式热量计测定, 每个样品设 2~3 个重复, 两次结果相差不超过 200J/g。

3 结果与讨论

3.1 黄山松群落各组分的干重热值

群落中植物各组分的热值测定是计算群落能量现存量、能量净固定量及太阳能转化效率的基础。植物热值是指单位重量植物所含的热量。本文论述的是包括灰分在内的干重热值(kJ/g)。

从表 1 看出, 黄山松群落各组分样品的干重热值在 16.27~22.14kJ/g 之间。其中树皮的干重热值最高, 枯根的干重热值最低。各组分样品干重热值大小顺序是: 树皮> 叶> 幼枝> 多年生枝> 果> 枯枝> 树材> 粗根> 灌木> 中根> 草本> 细根> 枯根。影响植物热值的因素很多, 营养条件、气候条件以及植物所含营养成分的不同都有所影响。黄山松植物含有较高的树脂和松节油而使干重热值较高, 特别是含树脂和油点高的树皮和叶, 干重热值分别达 22.14kJ/g 和 21.85kJ/g。植物热值是衡量植物光能利用和生产力的指标之一。Whittaker 等^[3]在研究森林群落的生产力时发现, 各层的生产力随着湿度梯度发生变化, 但在中生性的环境中层的生产力大小是乔木层> 灌木层> 草本层。黄山松群落具有同上述一致的结论; 不仅生产力的大小是乔木层> 灌木层> 草本层, 而且干重热值也是如此。黄山松群落生长较好, 林内荫蔽, 分层明显, 从林冠乔木到地被层草本, 光照强度逐渐减弱。乔木层叶片直接受光, 光照强度大, 有机物质在光合作用过程中积累多, 干重热值就最高; 同样道理, 干重热值从灌木至草本依次降低, 这个结果与 S.

表 1 黄山松群落各组分样品的干重热值

Table 1 Gross caloric value of various fractions in *Pinus taiwanensis* community

| 组分 Fractions | 干重热值 (kJ/g) Gross caloric value | 组分 Fractions | 干重热值 (kJ/g) Gross caloric value |
|--------------------------|--|------------------|--|
| 叶 Leaf | 21.85 | 灌木 Shrub | 19.10 |
| 幼枝 Twig | 21.67 | 草本 Herb | 17.27 |
| 多年生枝 Perennial branch | 21.19 | 粗根 Macro-root | 19.74 |
| 枯枝 Dead branch | 20.64 | 中根 Mid-root | 18.48 |
| 果 Fruit | 20.79 | 细根 Micro-root | 16.69 |
| 树材 Wood of trunk | 19.79 | 枯根 Dead-root | 16.27 |
| 树皮 Bark of trunk | 22.14 | | |

Adamandiadou 等的^[4]研究一致。

3.2 黄山松群落的能量现存量

能量现存量是指一定时间内群落所积累的总能量。它包括生态系统中现存的活植物体及残留其上的死植物体所积累的总能量。能量现存量是根据系统各组分样品的干重热值和对应的生物量或枯死植物量来推算的^[5]。黄山松群落生物量分布见表 2。

从表 2 看出,黄山松群落的能量现存量为 379832.3kJ/m²,其中地上部分为 275488.0kJ/m²,占总量的 72.53%,地下部分为 104344.3kJ/m²,占 27.47%,高于落叶松人工林的 269719kJ/m²^[5]。

黄山松群落乔木层的能量现存量占整个生态系统的 89.01%,这主要是乔木层的生物量积累最大,它反映了乔木层是系统重要的功能层次。相比之下,灌木和草本层的能量现存量较小,分别占总量的 10.98% 和 0.01%。

由于能量现存量与生物量正相关,因此,能量现存量的分布大小是乔木层>灌木层>草本层,这与落叶松人工林^[5]研究一致。尤其是草本层干物质生产的存留量较小,相当部分生物量在当年枯死凋落,所以其能量现存量极低,仅占 0.01%。对于整个系统而言,要获得最大能量积累,必须具有合理的乔木、灌木和草本层的空间结构,以提高系统对能量的吸收和固定。

在黄山松群落中,各分组的能量现存量大小顺序是:树材>粗根>多年生枝>灌木>树皮>细根>枯枝>中根>叶>幼枝>果>枯根>草本。

3.3 黄山松群落的年能量净固定量

1993年黄山松群落的年能量净固定量见表 3。群落年能量净固定量(net energy production)是指在 1 年内单位面积上群落通过光合作用所固定的能量扣除群落该时期因呼吸及被动物啃食等消耗的能量之后所剩余的能量。其计算方法是以群落各组分(包括当年更迭的凋落物各组分)的年净干物质生产量和相应组分的干重热值相乘之和而得^[6]。

从表 3 看出,黄山松群落年能量净固定量为 20654.1kJ/m²·a,其中用于自身增长的能量为 13894.4kJ/m²·a,占总量的 67.27%;而以凋落物形式输出以提供给林地其它子系统的能量为 6759.7kJ/m²·a,占 32.73%,这一部分能量年复一年地向环境输送,是生态系统中其它生物赖以生存和发展的能量基础,因而对于维持整个生态系统的存在和发展具有重要的意义。

与其它陆生森林群落相比,武夷山黄山松群落的年能量净固定量 20654.1kJ/m²·a,低于雨绿林(26334kJ/m²·a)^[7],落叶松人工林(26435kJ/m²·a)^[5];高于北方针叶林(10032kJ/m²·a)^[7];而与夏绿林(19228kJ/m²·a)和暖温带混交林(19646kJ/m²·a)^[7]相近(表 4)。因此,它是生产力和能量净固定量较高的群落类型。

3.4 黄山松群落的太阳能转化效率

群落的太阳能转化效率(energy conversing efficiency, ECE)是指群落每年净固定能量(NEP)占当年林地太阳辐射能(solar radiation energy, SRE)的百分比,即 $ECE\% = NEP/SRE \times 100$ 。由于并非所有的太阳辐射能都可以被植物光合作用所利用,现在一般用太阳光合有效辐射能(photosynthetic active radia-

表 2 黄山松群落的能量现存量

Table 2 Standing crop of energy (SCE) in *Pinus taiwanensis* community

| 组分 Fractions | 生物量 ^[2] (g/m ² ·dw) Biomass | 能量现 存量 (kJ/m ²) SCE | 占总量的 百分率 (%) Percentage to total |
|---------------------------------|---|--|--|
| 叶 Leaf | 320.9 | 7011.7 | 1.85 |
| 幼枝 Twig | 71.1 | 1540.7 | 0.41 |
| 多年生枝 Perennial branch | 2013.9 | 42674.5 | 11.24 |
| 枯枝 Dead branch | 593.0 | 12239.5 | 3.22 |
| 果 Fruit | 6.9 | 143.5 | 0.04 |
| 树材 Wood of trunk | 7546.7 | 149349.2 | 39.32 |
| 树皮 Bark of trunk | 938.4 | 20776.2 | 5.47 |
| 灌木 Shrub | 2184.2 | 41718.2 | 10.98 |
| 草本 Herb | 2.0 | 34.5 | 0.01 |
| 地上部分合计 Total of aboveground | 13677.1 | 275488.0 | 72.35 |
| 粗根 Macro-root | 4130.8 | 81542.0 | 21.47 |
| 中根 Mid-root | 430.9 | 7963.0 | 2.10 |
| 细根 Micro-root | 885.8 | 14784.0 | 3.89 |
| 枯根 Dead root | 3.4 | 55.3 | 0.01 |
| 地下部分合计 Total of below-ground | 5450.9 | 104344.3 | 27.47 |
| 总和 Total | 19128.0 | 379832.3 | 100.00 |

tion, $PhAR$) 代表群落接受到的总能量来计算群落的太阳能转化效率, 即 $ECE\% = NEP/PhAR \times 100$ ^[6,8,91]。光合有效辐射能和太阳总辐射能的换算系数采用 0.47, 即 $PhAR = SRE \times 0.47$ ^[81], 按此公式计算, 武夷山黄山松群落的太阳能转化效率为 0.997% (表 5)。

表 3 黄山松群落的能量净固定量(1993)

Table 3 Net energy production(NEP) in *Pinus taiwanensis* community

| 组分 Fractions | 年生产量 ^[2] NPP (g/m ²) | 能量净 固定量 NEP (kJ/m ²) | 占总量 百分率 Percentage to total (%) |
|--------------------------|---|---|--|
| 幼枝 Twig | 71.1 | 1540.7 | 7.46 |
| 多年生枝 Perennial branch | 69.3 | 1468.5 | 7.11 |
| 树皮 Bark of trunk | 32.3 | 715.1 | 3.46 |
| 树材 Wood of trunk | 259.8 | 5141.4 | 24.89 |
| 灌木 Shrub | 75.2 | 1436.3 | 6.95 |
| 草本 Herb | 0.1 | 1.7 | 0.01 |
| 根 Root | 187.6 | 3590.7 | 17.38 |
| 落叶 Litter leaf | 270.4 | 5658.7 | 27.40 |
| 落枝 Litter branch | 49.0 | 1021.4 | 4.95 |
| 落花 Litter flower | 3.2 | 67.7 | 0.33 |
| 落果 Litter fruit | 0.6 | 11.9 | 0.06 |
| 总和 Total | 1018.6 | 20654.1 | 100.00 |

表 4 各森林群落凋落的能量净固定量

Table 4 Net energy production(NEP) of various forests

| 森林类型 Forest type | 能量净固定量 NEP(kJ/m ² ·a) |
|--|-------------------------------------|
| 热带雨林 Tropical rain forest | 34276 |
| 雨绿林 Rain-green forest | 26334 |
| 夏绿林 Summer-green forest | 19228 |
| 暖温带混交林 Warm-temperate mixed forest | 19646 |
| 北方针叶林 Boreal coniferous forest | 10032 |
| 疏林地 Woodland | 11704 |
| 硬叶常绿灌丛 Sclerophyllus scrub | 16302 |
| 荒漠灌丛 Desert scrub | 1254 |
| 落叶松人工林 Larch plantation ^[5] | 26435 |
| 黄山松林 <i>Pinus taiwanensis</i> forest | 20654.1 |

* 表中除落叶松人工林和黄山松林外, 其它数据引自 Lieth 和 Whittaker (1975)^[7]。All data from Lieth and Whittaker (1975) except the data of larch plantation and *Pinus taiwanensis* forest.

表 5 黄山松群落的太阳能转化效率

Table 5 Energy converting efficiency of $PhAR$ in *Pinus taiwanensis* community in Wuyi Mountains

| 群 落 Community | 太阳辐射能* SRE(kJ/m ² ·a) | 光合有效辐射能 PhAR(kJ/m ² ·a) | 年能量净固定量 NEP(kJ/m ² ·a) | 太阳能转化效率 ECE(%) |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 黄山松群落 <i>Pinus taiwanensis</i> community | 4409900 | 2072653 | 20654.1 | 0.997 |

* 崇安(武夷山市)的 20a 平均太阳总辐射量为 441kJ/cm²。

与其它植物群落相比, 黄山松群落的太阳能转化效率为 0.997%, 低于热带人工林(2.35%~5.07%)^[10]、草本植物群落(1.59%)^[6], 高于栎林(0.73%)^[11], 而与 Ovington 等研究的松林(1.0%~1.3%)^[12]相近。

4 小结

(1) 黄山松群落各组分样品的干重热值有一定的差异, 在 16.27~22.14kJ/g 之间, 树皮的干重热值最高, 枯根的干重热值最低; 黄山松植物含有较高的树脂和松节油而使干重热值较高, 特别是含树脂和油点高的树皮和叶, 干重热值分别达 22.14kJ/g 和 21.85kJ/g。

(2) 黄山松群落乔木层的能量现存量占整个生态系统的 89.01%, 反映了乔木层是系统重要的功能层次。而灌木和草本层的能量现存量较小, 分别占总量的 10.98% 和 0.01%。

黄山松群落能量现存量的分布大小是乔木层>灌木层>草本层, 尤其是草本层干物质生产的存留量较小, 相当部分生物量在当年枯死凋落, 所以其能量现存量极低, 仅占 0.01%。对于整个系统而言, 要获得最大能量积累, 必须具有合理的乔木、灌木和草本层的空间结构, 以提高系统对能量的吸收和固定。

(3) 黄山松群落的能量现存量为 379832.3kJ/m², 能量净固定量为 20654.1kJ/m²·a, 太阳能转化效率为 0.997%。